

509,789  
Rec'd PCTO 30 SEP 2001

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION  
EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la Propriété  
Intellectuelle  
Bureau international



(43) Date de la publication internationale  
16 octobre 2003 (16.10.2003)

PCT

(10) Numéro de publication internationale  
**WO 03/085420 A2**

(51) Classification internationale des brevets<sup>7</sup> : **G02B**  
(21) Numéro de la demande internationale :  
PCT/FR03/01056

(22) Date de dépôt international : 3 avril 2003 (03.04.2003)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :  
02/04366 8 avril 2002 (08.04.2002) FR

(71) Déposant (pour tous les États désignés sauf US) : **OP-  
TOGONE** [FR/FR]; 305, rue Claude Shannon, Technopôle  
Brest-Iroise, F-29280 Plouzane (FR).

(72) Inventeur; et

(75) Inventeur/Déposant (pour US seulement) : **CHAN-  
CLOU, Philippe** [FR/FR]; 49, rue Kemu, F-22700  
Louannec (FR).

(74) Mandataire : **VIDON, Patrice**; Le Nobel, 2, allée  
Antoine Becquerel, B.P. 90333, F-35703 Rennes Cedex 7  
(FR).

(81) États désignés (national) : AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ,  
BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ,  
DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM,  
HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK,  
LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX,  
MZ, NI, NO, NZ, OM, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE,  
SG, SK, SL, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ,  
VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(84) États désignés (régional) : brevet ARIPO (GH, GM, KE,  
LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), brevet  
eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), brevet  
européen (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI,  
FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK,  
TR), brevet OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ,  
GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

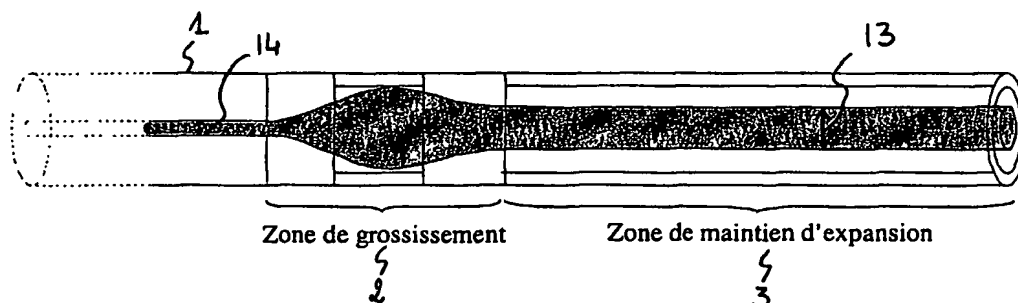
Publiée :

— sans rapport de recherche internationale, sera republiée  
dès réception de ce rapport

[Suite sur la page suivante]

(54) Title: OPTICAL COLLIMATOR FOR MONOMODE FIBER HAVING A GRADED-INDEX FIBER SECTION, CORRE-  
SPONDING MONOMODE FIBER WITH EXTENDED CORE AND METHOD FOR MAKING SAME

(54) Titre : COLLIMATEUR OPTIQUE POUR FIBRE MONOMODE PRESENTANT UNE SECTION DE FIBRE A GRADIENT  
D'INDICE, FIBRE MONOMODE A COEUR ETENDU ET PROCEDE DE FABRICATION CORRESPONDANTS



2...EXPANSION ZONE  
3...EXPANSION-RETAINING ZONE

(57) Abstract: The invention concerns an optical collimator for monomode fiber, comprising at least one section of expansion mode fiber, and at least one section of expansion-retaining fiber including at least one first graded-index multimode fiber. The invention also concerns a monomode fiber having at its end such an optical collimator, and the corresponding manufacturing method.

(57) Abrégé : L'invention concerne un collimateur optique pour fibre monomode, comprenant au moins un tronçon de fibre à expansion de mode, et au moins un tronçon de fibre à maintien d'expansion comprenant au moins un premier tronçon de fibre multimode à gradient d'indice. L'invention concerne également une fibre monomode présentant en son extrémité un tel collimateur optique, ainsi que le procédé de fabrication correspondant.

Best Available Copy



---

*En ce qui concerne les codes à deux lettres et autres abréviations, se référer aux "Notes explicatives relatives aux codes et abréviations" figurant au début de chaque numéro ordinaire de la Gazette du PCT.*

**Collimateur optique pour fibre monomode présentant une section de fibre à gradient d'indice, fibre monomode à cœur étendu et procédé de fabrication correspondants.**

Le domaine de l'invention est celui des télécommunications, et plus particulièrement celui des télécommunications par fibre optique.

Plus précisément, l'invention concerne un collimateur optique destiné à être placé en extrémité d'une fibre optique monomode, de façon à élargir la section du faisceau lumineux véhiculé par cette fibre monomode.

En effet, dans le domaine des télécommunications, la fibre optique monomode constitue le support de transmission privilégié pour la transmission d'informations à haut débit sur de grandes distances. Cependant, l'utilisation de cette fibre, en dépit de ses intéressantes propriétés de propagation, entraîne d'importantes difficultés d'assemblage lorsque l'interconnexion de deux fibres est nécessaire.

Ces difficultés sont principalement dues à la faible surface d'émission de ces fibres monomodes, typiquement de l'ordre de 10  $\mu\text{m}$  de diamètre. Cette faible dimension rend le couplage optique d'une fibre monomode avec tout autre élément optique (y compris une autre fibre monomode) très sensible aux positionnements axiaux et transversaux relatifs de la fibre et de l'élément.

En outre, ce couplage est également très sensible à la présence d'éventuelles poussières dans l'atmosphère entourant les extrémités des éléments à interconnecter, ainsi qu'à tout éventuel défaut d'extrémité de la fibre monomode.

Les collimateurs optiques pour fibres monomodes présentent donc un intérêt particulier, puisqu'ils permettent d'élargir la taille du faisceau lumineux se propageant dans la fibre monomode. Les figures 1a et 1b présentent, en traits pointillés, la forme du faisceau optique dans le cas respectivement d'une fibre monomode classique et d'une fibre monomode présentant en son extrémité un collimateur optique, de façon à élargir la section du faisceau en sortie de fibre.

De tels collimateurs optiques permettent ainsi, lors d'un couplage d'une fibre monomode à tout autre élément optique, de réduire les contraintes de

positionnement et l'influence des poussières ou des défauts de surface sur l'efficacité du couplage optique effectué.

En outre, la collimation permet de diminuer la divergence du faisceau optique en sortie de la fibre monomode.

5           On connaît à ce jour plusieurs techniques pour réaliser de tels collimateurs optiques en extrémité d'une fibre monomode.

Une première technique consiste à utiliser des lentilles discrètes, de type Selfoc (marque déposée), placées en sortie de la fibre monomode.

10           Un inconvénient de cette première technique de l'art antérieur est que cette solution n'est pas intégrée en extrémité de la fibre monomode. En effet, le diamètre d'une lentille de type Selfoc est classiquement de l'ordre du millimètre, alors que le diamètre extérieur d'une fibre monomode est généralement de 125  $\mu\text{m}$ . Cette solution n'est donc pas optimale en termes de compacité et de packaging.

15           Une deuxième technique connue consiste à élargir le mode de la fibre monomode, par diffusion thermique de dopants du cœur de la fibre monomode, de manière à réaliser une fibre monomode de type TEC (pour l'anglais "Thermally diffused Expanded Core" ; en français, "Cœur étendu thermiquement"). Cette solution a pour avantage de permettre une augmentation de la section du faisceau  
20           optique véhiculé par la fibre, tout en maintenant le diamètre extérieur de la fibre constant, égal à 125  $\mu\text{m}$ .

Cependant, un inconvénient de cette technique de l'art antérieur est que la zone d'élargissement du faisceau ainsi constituée est de longueur déterminée, fixée en fonction des propriétés optiques de la fibre que l'on cherche à réaliser.  
25           Cette limitation de la longueur de la zone d'expansion du faisceau réduit les possibilités de réalisation d'opérations de modelage de l'extrémité de la fibre, comme par exemple des opérations de polissage, de clivage en biais de la fibre, qui sont des étapes élémentaires de la mise en connecteur d'une fibre.

Ces fibres ne peuvent donc pas bénéficier de la technologie de  
30           connectorisation généralement utilisée pour les fibres monomodes standards.

Une troisième technique, notamment décrite dans le brevet français n° FR 2 752 623, intitulé "procédé de fabrication d'un dispositif de couplage optique collectif et dispositif obtenu par un tel procédé", consiste à réaliser un lentillage en extrémité de fibre, de manière à obtenir une fibre de type Gradissimo (marque déposée). Une telle fibre monomode présente en son extrémité un tronçon de fibre en silice pure, suivi d'un tronçon de fibre multimode à gradient d'indice, de manière à réaliser une zone d'expansion du faisceau optique.

Cette troisième technique présente le même inconvénient que celui des fibres TEC, à savoir que la zone d'expansion du faisceau est de longueur limitée, et ne permet pas l'utilisation d'une telle fibre pour la réalisation d'opérations de clivage, de polissage en biais ou pour sa mise en place dans un connecteur.

Une quatrième technique consiste à concevoir une fibre présentant en son extrémité une lentille diffractive, de façon . Une telle lentille diffractive est par exemple réalisée par photo-inscription en extrémité d'un barreau de silice, lui-même soudé à la fibre monomode.

Un inconvénient de cette quatrième technique de l'art antérieur est qu'elle nécessite un alignement de précision du masque de photo-inscription et de l'extrémité de la fibre optique, ce qui rend délicate toute réalisation collective de fibres.

Un autre inconvénient de cette technique de l'art antérieur est que, comme pour les deuxième et troisième techniques évoquées précédemment, la fibre équipée d'une telle lentille diffractive ne peut être polie ou clivée sans destruction de la lentille. La mise en connecteur d'une telle fibre est donc pratiquement impossible.

L'invention a notamment pour objectif de pallier ces inconvénients de l'art antérieur.

Plus précisément, un objectif de l'invention est de fournir une technique permettant de réaliser une fonction de collimation intégrée en extrémité d'une fibre optique.

Un autre objectif de l'invention est de mettre en œuvre une telle fonction de collimation qui ne modifie pas l'aspect extérieur de la fibre optique, et notamment son diamètre extérieur et sa résistance mécanique.

5 L'invention a encore pour objectif de fournir une telle technique permettant d'obtenir une fibre optique monomode présentant en son extrémité une section de faisceau élargie par rapport aux fibres monomodes classiques.

L'invention a également pour objectif de fournir une telle fibre monomode avec collimateur intégré, qui soit adaptée à la réalisation d'opérations d'extrémité, du type opérations de clivage ou de polissage, sans détérioration de la fonction de  
10 collimation intégrée.

Ces objectifs, ainsi que d'autres qui apparaîtront par la suite, sont atteints à l'aide d'un procédé de fabrication d'au moins une fibre optique monomode à cœur étendu.

Selon l'invention, un tel procédé comprend les étapes successives  
15 suivantes :

- une étape d'assemblage d'au moins une fibre multimode à gradient d'indice à au moins une fibre monomode à expansion de mode ;
- une étape de fracture de ladite fibre multimode à gradient d'indice, de manière à obtenir un premier tronçon de fibre multimode à gradient  
20 d'indice de longueur prédéterminée.

Ainsi, l'invention repose sur une approche tout à fait nouvelle et inventive de la réalisation d'une fonction de collimation d'un faisceau véhiculé par fibre optique. En effet, l'invention consiste notamment à souder et à cliver, en extrémité d'une fibre monomode à expansion de mode, une fibre multimode à gradient  
25 d'indice, de manière à réaliser une fonction de collimation intégrée en extrémité de la fibre monomode. Le dispositif ainsi constitué présente donc, par rapport aux techniques de l'art antérieur, des avantages en termes de compacité et de simplicité d'assemblage.

Le tronçon de fibre multimode à gradient d'indice assure une fonction de  
30 maintien de la section du faisceau optique élargi, ce qui permet avantageusement

de réaliser des opérations d'extrémité (tels que clivage, polissage, etc.) sans détérioration de la fonction de collimation, contrairement aux techniques connues de l'art antérieur.

Préférentiellement, ladite fibre monomode à expansion de mode comprend  
5 une fibre monomode, au moins un tronçon de fibre en silice, et au moins un second tronçon de fibre multimode à gradient d'indice.

L'invention concerne aussi un procédé de fabrication d'au moins une fibre optique monomode à cœur étendu, comprenant les étapes successives suivantes :

- une première étape d'assemblage d'une première fibre à gradient d'indice à  
10 une première fibre en silice ;
- une première étape de fracture de ladite première fibre en silice, de manière à obtenir un premier tronçon de fibre en silice de longueur prédéterminée ;
- une deuxième étape d'assemblage d'une seconde fibre à gradient d'indice à  
15 l'extrémité libre dudit premier tronçon de fibre en silice ;
- une deuxième étape de fracture de ladite seconde fibre à gradient d'indice, de manière à obtenir un tronçon de fibre à gradient d'indice de longueur prédéterminée, appelé second tronçon de fibre à gradient d'indice ;
- une troisième étape d'assemblage d'une seconde fibre en silice à l'extrémité  
20 libre dudit tronçon de fibre à gradient d'indice ;
- une troisième étape de fracture de ladite seconde fibre en silice, de manière à obtenir un second tronçon de fibre en silice de longueur prédéterminée ;
- une quatrième étape d'assemblage d'une fibre monomode à l'extrémité libre  
25 dudit second tronçon de fibre en silice, de manière à obtenir une fibre optique monomode à cœur étendu.

Avantageusement, un tel procédé comprend en outre une étape de fracture de ladite première fibre à gradient d'indice, de manière à obtenir un premier tronçon de fibre à gradient d'indice.

Selon une première variante préférentielle de l'invention, lesdits premier et  
30 deuxième tronçons de fibre à gradient d'indice sont de même nature.

Selon une deuxième variante préférentielle de l'invention, lesdits premier et deuxième tronçons de fibre à gradient d'indice sont de natures différentes.

Selon une variante avantageuse de l'invention, un tel procédé met en œuvre des rubans de n fibres, de manière à fabriquer collectivement un ensemble de n  
5 fibres optiques monomodes à cœur étendu.

Selon une caractéristique avantageuse de l'invention, un tel procédé comprend une étape de modelage géométrique de l'extrémité libre dudit premier tronçon de fibre à gradient d'indice.

Selon une première variante de réalisation de l'invention, ladite étape de  
10 modelage géométrique consiste en un clivage droit et/ou un polissage droit de ladite extrémité.

Selon une deuxième variante de réalisation de l'invention, ladite étape de modelage géométrique consiste en un clivage en biais et/ou un polissage en biais de ladite extrémité.

15 Selon une troisième variante de réalisation de l'invention, ladite étape de modelage géométrique permet d'arrondir ladite extrémité, de façon à former une lentille.

Préférentiellement, ladite extrémité est arrondie en mettant en œuvre l'une des techniques appartenant au groupe comprenant :

- 20 - la fusion ;  
- l'étirage ;  
- l'apport de matière.

Selon une quatrième variante de réalisation de l'invention, ladite étape de modelage géométrique consiste à attaquer ladite extrémité en mettant en œuvre  
25 l'une des techniques appartenant au groupe comprenant :

- les attaques chimiques ;
- les attaques mécaniques par polissage ;
- les attaques par laser.

L'invention concerne également un collimateur optique pour fibre  
30 monomode, comprenant au moins un tronçon de fibre à expansion de mode, et au



moins un tronçon de fibre à maintien d'expansion comprenant au moins un premier tronçon de fibre multimode à gradient d'indice.

Avantageusement, lesdits tronçons de fibre à expansion de mode et à maintien d'expansion sont de même diamètre que ladite fibre monomode.

5           Préférentiellement, ledit tronçon de fibre à expansion de mode comprend au moins un tronçon de fibre en silice et au moins un second tronçon de fibre multimode à gradient d'indice.

10           Selon une caractéristique avantageuse de l'invention, ledit tronçon de fibre à expansion de mode est constitué de deux tronçons de fibre en silice, entre lesquels est inséré ledit second tronçon de fibre multimode à gradient d'indice.

Dans une variante de réalisation de l'invention, lesdits premier et second tronçons de fibre multimode à gradient d'indice sont de même nature. Les premier et second tronçons de fibre à gradient d'indice peuvent bien sûr également être de natures différentes.

15           Selon une première variante de réalisation, une extrémité dudit premier tronçon de fibre multimode à gradient d'indice est clivée et/ou polie droite.

Selon une deuxième variante de réalisation, une extrémité dudit premier tronçon de fibre multimode à gradient d'indice est clivée et/ou polie en biais.

20           Selon une troisième variante de réalisation, une extrémité dudit premier tronçon de fibre multimode à gradient d'indice est arrondie.

Préférentiellement, ladite extrémité est arrondie selon l'une des techniques appartenant au groupe comprenant :

- la fusion ;
- l'étirage;
- 25 - l'apport de matière.

Selon une quatrième variante de réalisation, une extrémité dudit premier tronçon de fibre multimode à gradient d'indice est modelée selon l'une des techniques appartenant au groupe comprenant :

- les attaques chimiques ;
- 30 - les attaques mécaniques par polissage ;

- les attaques par laser.

L'invention concerne encore une fibre optique monomode à diamètre de mode élargi, comprenant en extrémité au moins une section à expansion de mode et au moins une section à maintien d'expansion comprenant au moins un premier  
5 tronçon de fibre multimode à gradient d'indice.

Avantageusement, ladite section à expansion de mode comprend au moins un tronçon de fibre en silice et au moins un second tronçon de fibre multimode à gradient d'indice.

Préférentiellement, ladite section à expansion de mode comprend deux  
10 tronçons de fibre en silice entre lesquels est inséré ledit second tronçon de fibre multimode à gradient d'indice.

Selon une caractéristique avantageuse de l'invention, ladite fibre monomode, ladite section à expansion de mode et ladite section à maintien d'expansion sont de même diamètre.

15 De façon avantageuse, ladite fibre monomode est à maintien de polarisation.

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront plus clairement à la lecture de la description suivante d'un mode de réalisation préférentiel, donné à titre de simple exemple illustratif et non limitatif, et des  
20 dessins annexés, parmi lesquels :

- les figures 1a et 1b, déjà décrites précédemment, illustrent respectivement la forme du faisceau optique véhiculé par une fibre optique monomode classique et par une fibre optique monomode avec fonction de collimation ;
- 25 - la figure 2 présente un synoptique d'une fibre optique monomode avec collimateur intégré selon l'invention ;
- les figures 3a à 3c illustrent différentes variantes de réalisation de la fibre monomode de la figure 2, et plus précisément différentes variantes de réalisation de la zone de grossissement d'une telle fibre ;
- 30 - la figure 4 concerne la réalisation d'une opération d'extrémité sur la fibre

monomode de la figure 2 ;

- les figures 5a à 5e présentent les différentes formes géométriques possibles de l'extrémité de la fibre monomode de la figure 2, résultant de l'opération d'extrémité de la figure 4.

5        Le principe général de l'invention repose sur la réalisation d'une fibre monomode à fonction de collimation intégrée, par assemblage et soudure de sections de longueurs définies de fibres à gradient d'indice et de fibres en silice.

On présente, en relation avec la figure 2, un mode de réalisation d'une fibre monomode 1 selon l'invention présentant en son extrémité une fonction de  
10    collimation intégrée.

Le dispositif de la figure 2 permet d'obtenir en extrémité de la fibre monomode 1 un diamètre de mode 13 plus large que celui 14 de la fibre monomode 1, tout en conservant un diamètre extérieur constant, égale à celui de la fibre monomode 1, soit classiquement 125  $\mu\text{m}$ .

15        Un tel dispositif comprend une zone de grossissement du faisceau optique 2 et une zone de maintien d'expansion 3 du faisceau issu de la fibre monomode 1.

La zone de grossissement 2 permet d'augmenter la taille du faisceau optique, tandis que la zone de maintien d'expansion 3 permet de maintenir cette taille de faisceau élargi sensiblement constante. Cette propriété de la zone de  
20    maintien d'expansion 3, réalisée en fibre à gradient d'indice, permet d'effectuer des opérations d'extrémité, comme par exemple une opération de clivage ou de polissage, en n'importe quel point de la zone de maintien d'expansion 3. la zone de grossissement 2 du faisceau est ainsi protégée des opérations d'extrémité. Ces aspects seront décrits plus en détail par la suite en relation avec les figures 4 et 5.

25        Le dispositif de la figure 2, qui permet donc d'élargir et d'entretenir le mode d'une fibre monomode 1, est réalisé par assemblage et soudure de sections juxtaposées de fibres de natures différentes. Les zones de grossissement 2 et de maintien d'expansion 3 comprennent des sections de fibres :

- en silice pure : une telle fibre a pour caractéristique de ne pas présenter de profil d'indice pour guider la lumière. Elle est composée uniquement de silice et présente classiquement un diamètre extérieur de 125  $\mu\text{m}$  ;
- à gradient d'indice : une telle fibre présente un cœur optique dont le profil d'indice est parabolique du centre vers la périphérie. Un tel profil d'indice est obtenu par dopage de la silice. Le diamètre extérieur de la fibre est classiquement égal à 125  $\mu\text{m}$ , et le diamètre de cœur est généralement compris entre 125  $\mu\text{m}$  et 1  $\mu\text{m}$ .

Les figures 3a à 3c présentent les différentes configurations d'arrangement de sections de fibres en silice et à gradient d'indice envisagées dans le cadre de l'invention.

Selon le mode de réalisation de la figure 3a, l'invention consiste à souder, en extrémité d'une fibre optique monomode 1, une première section 4 de fibre en silice, suivie d'une première section 5 de fibre à gradient d'indice, suivie d'une deuxième section 6 de fibre en silice, suivie d'une deuxième section 3 de fibre à gradient d'indice, jouant le rôle de zone de maintien d'expansion.

Les figures 3b et 3c présentent des variantes de réalisation simplifiées par rapport à la configuration de la figure 3a.

Ainsi, selon la configuration de la figure 3b, la fonction de collimation est réalisée par soudure, en extrémité de la fibre monomode 1, d'un premier tronçon de fibre à gradient d'indice 5, suivi d'un tronçon de fibre en silice 6, suivi d'un deuxième tronçon de fibre à gradient d'indice 3 réalisant la zone de maintien d'expansion.

Selon la configuration 3c en revanche, la fibre monomode 1 présente en son extrémité un tronçon de fibre en silice 4, auquel est soudé un premier tronçon de fibre à gradient d'indice 5, lequel est lui-même soudé à un deuxième tronçon de fibre à gradient d'indice 3 jouant le rôle de zone de maintien d'expansion du faisceau optique.

Dans les trois configurations présentées en relation avec les figures 3a à 3c, les tronçons de fibres à gradient d'indice référencés 5 et 3, appartenant

respectivement à la zone de grossissement 2 et à la zone de maintien d'expansion, peuvent être de même nature ou de natures différentes. Ainsi, ces deux tronçons peuvent ou non présenter le même profil d'indice et/ou le même diamètre de cœur.

Les dispositifs de fibres monomodes à faisceau élargi des figures 2 et 3a  
5 sont réalisés selon l'invention par la mise en œuvre des étapes de fabrication suivantes :

- on assemble tout d'abord l'extrémité d'une première fibre à gradient d'indice référencée 3 à une première fibre en silice pure;
- on fracture ensuite la première fibre de silice, de manière à réaliser un  
10 premier tronçon 6 de fibre en silice pure ;
- on assemble ensuite l'ensemble comprenant la première fibre à gradient d'indice 3 et le premier tronçon de fibre en silice 6, par l'extrémité libre du premier tronçon 6 de fibre en silice, à une deuxième fibre à gradient d'indice 5, qui peut être ou non de même nature que la première fibre à  
15 gradient d'indice 3 ;
- on fracture la deuxième fibre à gradient d'indice 5, de manière à réaliser un deuxième tronçon de fibre à gradient d'indice ;
- on assemble, en l'extrémité libre de ce deuxième tronçon à gradient d'indice 5, une deuxième fibre de silice pure 4 ;
- 20 - on fracture la deuxième fibre de silice pure 4, de manière à réaliser un deuxième tronçon de fibre en silice pure ;
- on assemble l'ensemble ainsi constitué des premier et deuxième tronçons de fibres en silice 4 et 6, et des premier et deuxième tronçons de fibres à gradient d'indice 5 et 3, à une fibre monomode 1.

25 Les opérations de fracture listées ci-dessus consistent à cliver avec précision une section de fibre par visualisation de la soudure.

On obtient ainsi une fibre monomode 1, présentant en son extrémité un collimateur optique intégré.

Ce procédé de fabrication peut bien sûr également être mis en œuvre  
30 simultanément sur une pluralité de fibres disposées sous forme de rubans de n

fibres. Ainsi, les opérations de soudure et de clivage décrites ci-dessus sont réalisées simultanément sur un nombre de fibres optiques pouvant varier de 1 à n.

En outre, on notera que, selon l'invention, il peut être avantageux d'utiliser une fibre monomode 1 à maintien de polarisation.

5 L'extrémité du dispositif des figures 2 et 3 peut être travaillé, de façon à présenter diverses formes géométriques, ainsi qu'illustré en relation avec les figures 4 et 5. La présence, en extrémité du dispositif de l'invention, d'une zone de maintien d'expansion 3 permet d'effectuer une opération d'extrémité à un endroit  
10 7 de la figure 4. En effet, la section du faisceau optique est maintenue sous forme élargie sur l'ensemble de la zone de maintien d'expansion 3, de sorte que la localisation de l'extrémité du dispositif optique ne modifie pas la taille du faisceau optique.

Ainsi, diverses opérations d'extrémité, illustrées par les figures 5a à 5e  
15 peuvent être effectuées sur la fibre à gradient d'indice 3 qui maintient le faisceau optique sous forme élargie.

Selon la variante de réalisation de la figure 5a, la fibre à gradient d'indice 3 d'extrémité peut être clivée et/ou polie droit. Une telle configuration permet un polissage droit 8 de la fibre sans perturber la section de gradient d'indice, et donc  
20 l'élargissement du mode.

Selon la variante de réalisation de la figure 5b, la fibre à gradient d'indice 3 d'extrémité peut être clivée et/ou polie en biais. On obtient ainsi une extrémité 9 en biais sans perturber le gradient d'indice, et donc l'élargissement du mode.

Les figures 5c et 5d illustrent le cas où l'extrémité de la fibre à gradient  
25 d'indice 3 est arrondie, par exemple par fusion, par étirage ou par apport de matière, de façon à obtenir une lentille d'extrémité 10, 11.

Enfin, on peut obtenir une forme géométrique quelconque en extrémité 12  
de la fibre à gradient d'indice 3, ainsi qu'illustré en figure 5e, lorsque la fibre à gradient d'indice 3 est attaquée chimiquement ou mécaniquement par polissage ou  
30 par laser.

Le principe de fonctionnement du dispositif de l'invention, décrit ci-dessus en relation avec les figures 2 à 5, est détaillé brièvement ci-après.

On présente tout d'abord succinctement le principe de fonctionnement de la zone de grossissement 2 du faisceau optique, comprenant un tronçon de fibre à gradient d'indice et un ou deux tronçons de fibre en silice.

On rappelle que dans une fibre multimode à gradient d'indice, les faisceaux se propagent de manière périodique suivant l'axe optique de la fibre. Ceci est dû aux réfractions latérales successives subies par l'onde électromagnétique lorsqu'elle se propage dans un milieu d'indice qui décroît du centre de la fibre vers la périphérie. La période dépend d'une part du profil d'indice de la fibre, qui suit une loi parabolique, et d'autre part de la longueur d'onde de la lumière qui s'y propage.

Lorsqu'on coupe un tronçon de fibre multimode à gradient d'indice, on obtient une lentille dont les propriétés dépendent de la longueur L du tronçon, du profil d'indice et de la longueur de l'onde qui s'y propage. Ce tronçon de gradient d'indice de la zone de grossissement 2 est donc équivalent à une lentille à gradient d'indice plan – plan classique.

Les tronçons de silice 4 et 6, de longueur définie, jouent un double rôle : ils permettent pour le tronçon de silice 4 (respectivement pour le tronçon de silice 6), de placer la fibre monomode 1 (respectivement la fibre à gradient d'indice d'extrémité 3) à la distance optimum par rapport à la lentille à gradient d'indice 5, tout en conservant un indice pratiquement constant dans le chemin optique. Ils assurent de plus la liaison physique entre les différentes sections de fibre du dispositif de l'invention, sans modification du diamètre extérieur.

On présente désormais le principe de fonctionnement de la zone de maintien d'expansion 3 du dispositif de l'invention.

Le faisceau optique élargi par le système optique 2, composé des sections de fibres de silice pur 4 et 6 et de gradient d'indice 5, est injecté dans une autre fibre à gradient d'indice 3. Cette fibre 3 permet un guidage du faisceau élargi sans modification de ses propriétés optiques sur une certaine distance. Cette condition

de propagation dans le gradient d'indice 3 correspond aux propriétés du mode LP01 de la fibre à gradient d'indice.

Le système optique 2, composé des sections de fibres silice pur et de gradient d'indice, est conçu de façon à optimiser le couplage du faisceau élargi avec le  
5 mode LP01 de la fibre à gradient d'indice 3 d'extrémité.

Dans la fibre à gradient d'indice 3 d'extrémité, la propagation d'un mode LP01 est possible sur une certaine distance. Ce mode a la propriété d'être plus large que dans la fibre monomode 1. La propagation de ce mode ne s'accompagne d'aucune variation de la géométrie du faisceau optique (c'est-à-dire du diamètre  
10 de mode). L'excitation de ce mode, et uniquement de ce mode, est conditionnée par la qualité de l'injection du faisceau optique provenant de l'optique de grossissement 2 vers cette fibre à gradient d'indice 3 d'extrémité.

On rappelle que, dans les fibres à gradient d'indice, d'autres modes de propagation existent et que ces modes peuvent échanger de l'énergie entre eux. En  
15 effet, à partir d'une certaine longueur de ces fibres ou en cas de contraintes exercées sur la fibre à gradient d'indice 3, le mode de propagation peut être perturbé et peut échanger de la puissance avec d'autres modes de propagation LPxy. Ces modes n'ont pas une allure gaussienne et ne pourront pas être couplés dans une fibre monomode 1 sans procurer des pertes importantes. Dans le cadre  
20 de l'invention, on se placera donc préférentiellement dans une situation qui permet d'entretenir uniquement la propagation du mode LP01.

Ainsi, dans cette fibre d'extrémité multimode à gradient d'indice 3, la taille du faisceau optique est constante. Comme indiqué précédemment, on peut alors procéder à des opérations de clivage, polissage, etc..., à un endroit quelconque de  
25 la fibre 3 tout en conservant une taille de faisceau identique. L'optique de grossissement 2 est ainsi protégée et déportée du lieu de préparation de l'extrémité de la fibre 3 qui joue le rôle de maintien d'expansion.

En résumé, le dispositif de l'invention permet donc d'obtenir en extrémité de fibre monomode 1 un élargissement du faisceau optique. Cet élargissement du



faisceau optique est maintenu sur une certaine longueur de fibre 3, qui peut subir les opérations standards de clivage, polissage et autres traitements.

Le dispositif de l'invention, consistant en une fibre monomode présentant en extrémité un collimateur intégré, décrit précédemment trouve de nombreuses

5 applications, et notamment :

- la réalisation de montages de n éléments de fibres superposés ;
- la réalisation de connecteurs de fibres très tolérantes aux positionnements ;
- la simplification d'un assemblage plus complexe d'une fibre avec d'autres éléments optiques ;
- 10 - la réalisation de connecteurs à large faisceau (c'est-à-dire à large mode), notamment destinés aux ambiances sales (présence de poussière, de gaz...)
- la réalisation de connecteurs sans contact pour ambiance à contamination ;
- la réalisation de fibres d'interconnexion avec des composants discrets passifs ou actifs (tels que des isolateurs, circulateurs, polariseurs,
- 15 modulateurs, filtres, cristaux liquides, photodiodes...) ;
- la réalisation de fibres de couplage avec des lasers, notamment de type VCSELS (pour l'anglais "Vertical Cavity Surface Emitting Laser", ou en français "laser d'émission surfacique à cavité verticale") ;
- la réalisation de fibres d'interconnexion avec d'autres type de fibres
- 20 monomodes ou multiples.

## REVENDICATIONS

1. Procédé de fabrication d'au moins une fibre optique monomode à cœur étendu, caractérisé en ce qu'il comprend les étapes successives suivantes :
  - une étape d'assemblage d'au moins une fibre multimode à gradient d'indice à au moins une fibre monomode à expansion de mode ;
  - une étape de fracture de ladite fibre multimode à gradient d'indice, de manière à obtenir un premier tronçon de fibre multimode à gradient d'indice de longueur prédéterminée.
2. Procédé de fabrication selon la revendication 1, caractérisé en ce que ladite fibre monomode à expansion de mode comprend une fibre monomode, au moins un tronçon de fibre en silice, et au moins un second tronçon de fibre multimode à gradient d'indice.
3. Procédé de fabrication d'au moins une fibre optique monomode à cœur étendu, caractérisé en ce qu'il comprend les étapes successives suivantes :
  - une première étape d'assemblage d'une première fibre à gradient d'indice à une première fibre en silice ;
  - une première étape de fracture de ladite première fibre en silice, de manière à obtenir un premier tronçon de fibre en silice de longueur prédéterminée ;
  - une deuxième étape d'assemblage d'une seconde fibre à gradient d'indice à l'extrémité libre dudit premier tronçon de fibre en silice ;
  - une deuxième étape de fracture de ladite seconde fibre à gradient d'indice, de manière à obtenir un tronçon de fibre à gradient d'indice de longueur prédéterminée, appelé second tronçon de fibre à gradient d'indice ;
  - une troisième étape d'assemblage d'une seconde fibre en silice à l'extrémité libre dudit second tronçon de fibre à gradient d'indice ;
  - une troisième étape de fracture de ladite seconde fibre en silice, de manière à obtenir un second tronçon de fibre en silice de longueur prédéterminée ;

- une quatrième étape d'assemblage d'une fibre monomode à l'extrémité libre dudit second tronçon de fibre en silice, de manière à obtenir une fibre optique monomode à cœur étendu.
- 4. Procédé de fabrication selon la revendication 3, caractérisé en ce qu'il  
5 comprend en outre une étape de fracture de ladite première fibre à gradient d'indice, de manière à obtenir un premier tronçon de fibre à gradient d'indice.
- 5. Procédé de fabrication selon la revendication 4, caractérisé en ce que lesdits premier et deuxième tronçons de fibre à gradient d'indice sont de même nature.
- 10 6. Procédé de fabrication selon la revendication 4, caractérisé en ce que lesdits premier et deuxième tronçons de fibre à gradient d'indice sont de natures différentes.
- 7. Procédé de fabrication selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, caractérisé en ce qu'il met en œuvre des rubans de n fibres, de manière à fabriquer  
15 collectivement un ensemble de n fibres optiques monomodes à cœur étendu.
- 8. Procédé de fabrication selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, caractérisé en ce qu'il comprend une étape de modelage géométrique de l'extrémité libre dudit premier tronçon de fibre à gradient d'indice.
- 9. Procédé de fabrication selon la revendication 8, caractérisé en ce que ladite  
20 étape de modelage géométrique consiste en un clivage droit et/ou un polissage droit de ladite extrémité.
- 10. Procédé de fabrication selon la revendication 8, caractérisé en ce que ladite étape de modelage géométrique consiste en un clivage en biais et/ou un polissage en biais de ladite extrémité.
- 25 11. Procédé de fabrication selon la revendication 8, caractérisé en ce que ladite étape de modelage géométrique permet d'arrondir ladite extrémité, de façon à former une lentille.
- 12. Procédé de fabrication selon la revendication 11, caractérisé en ce que ladite extrémité est arrondie en mettant en œuvre l'une des techniques appartenant  
30 au groupe comprenant :

- la fusion ;
- l'étirage ;
- l'apport de matière.

5     **13.**     Procédé de fabrication selon la revendication 8, caractérisé en ce que ladite étape de modelage géométrique consiste à attaquer ladite extrémité en mettant en œuvre l'une des techniques appartenant au groupe comprenant :

- les attaques chimiques ;
- les attaques mécaniques par polissage ;
- les attaques par laser.

10    **14.**     Collimateur optique pour fibre monomode, caractérisé en ce qu'il comprend au moins un tronçon de fibre à expansion de mode, et au moins un tronçon de fibre à maintien d'expansion comprenant au moins un premier tronçon de fibre multimode à gradient d'indice.

15    **15.**     Collimateur optique selon la revendication 14, caractérisé en ce que lesdits tronçons de fibre à expansion de mode et à maintien d'expansion sont de même diamètre que ladite fibre monomode.

20    **16.**     Collimateur optique selon l'une quelconque des revendications 14 et 15, caractérisé en ce que ledit tronçon de fibre à expansion de mode comprend au moins un tronçon de fibre en silice et au moins un second tronçon de fibre multimode à gradient d'indice.

**17.**     Collimateur optique selon la revendication 16, caractérisé en ce que ledit tronçon de fibre à expansion de mode est constitué de deux tronçons de fibre en silice, entre lesquels est inséré ledit second tronçon de fibre multimode à gradient d'indice.

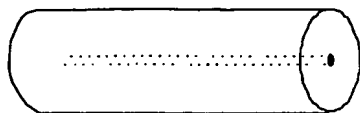
25    **18.**     Collimateur optique selon l'une quelconque des revendications 14 à 17, caractérisé en ce qu'une extrémité dudit premier tronçon de fibre multimode à gradient d'indice est clivée et/ou polie droite.

30    **19.**     Collimateur optique selon l'une quelconque des revendications 14 à 17, caractérisé en ce qu'une extrémité dudit premier tronçon de fibre multimode à gradient d'indice est clivée et/ou polie en biais.

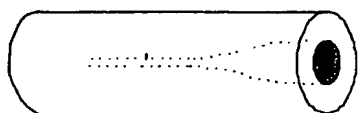
20. Collimateur optique selon l'une quelconque des revendications 14 à 17, caractérisé en ce qu'une extrémité dudit premier tronçon de fibre multimode à gradient d'indice est arrondie.
21. Collimateur optique selon la revendication 20, caractérisé en ce que ladite  
5 extrémité est arrondie selon l'une des techniques appartenant au groupe comprenant :
- la fusion ;
  - l'étirage;
  - l'apport de matière.
- 10 22. Collimateur optique selon l'une quelconque des revendications 14 à 17, caractérisé en ce qu'une extrémité dudit premier tronçon de fibre multimode à gradient d'indice est modelée selon l'une des techniques appartenant au groupe comprenant :
- les attaques chimiques ;
  - 15 - les attaques mécaniques par polissage ;
  - les attaques par laser.
23. Fibre optique monomode à diamètre de mode élargi, caractérisé en ce qu'elle comprend en extrémité au moins une section à expansion de mode et au moins une section à maintien d'expansion comprenant au moins un premier  
20 tronçon de fibre multimode à gradient d'indice.
24. Fibre optique monomode selon la revendication 23, caractérisé en ce que ladite section à expansion de mode comprend au moins un tronçon de fibre en silice et au moins un second tronçon de fibre multimode à gradient d'indice.
25. Fibre optique monomode selon la revendication 24, caractérisé en ce que  
25 ladite section à expansion de mode comprend deux tronçons de fibre en silice entre lesquels est inséré ledit second tronçon de fibre multimode à gradient d'indice.
26. Fibre optique monomode selon l'une quelconque des revendications 23 à  
30 25, caractérisé en ce que ladite fibre monomode, ladite section à expansion de mode et ladite section à maintien d'expansion sont de même diamètre.

**27.** Fibre optique monomode selon l'une quelconque des revendications 23 à 26, caractérisé en ce que ladite fibre monomode est à maintien de polarisation.

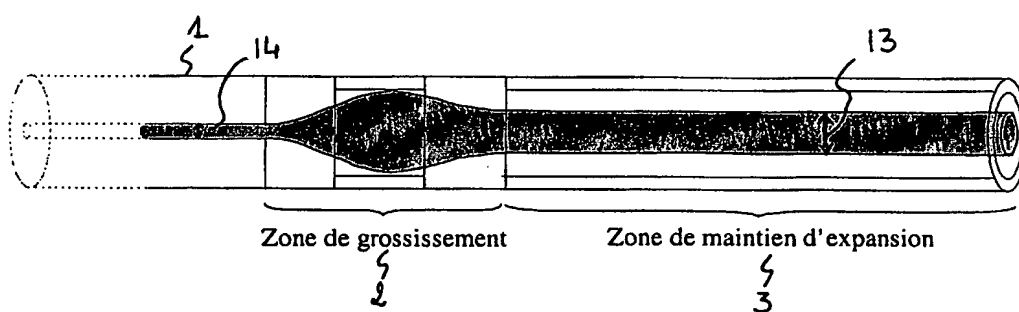
1/2



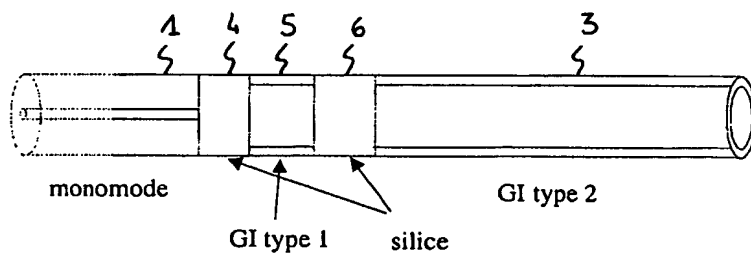
**Figure 1a**



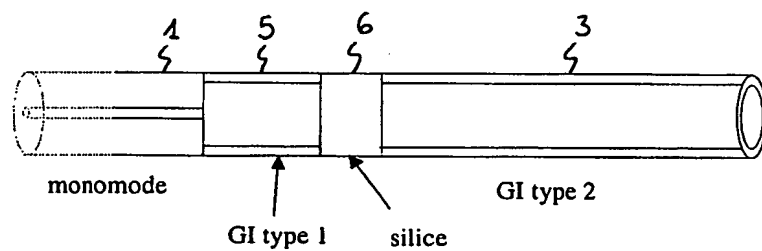
**Figure 1b**



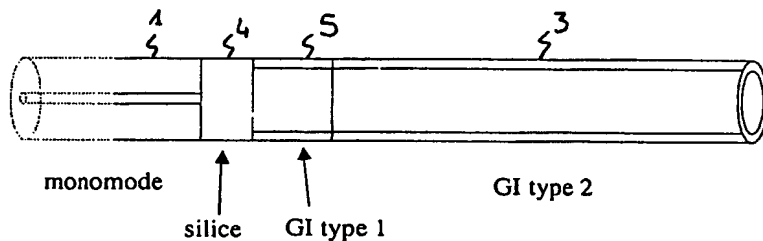
**Figure 2**



**Figure 3a**

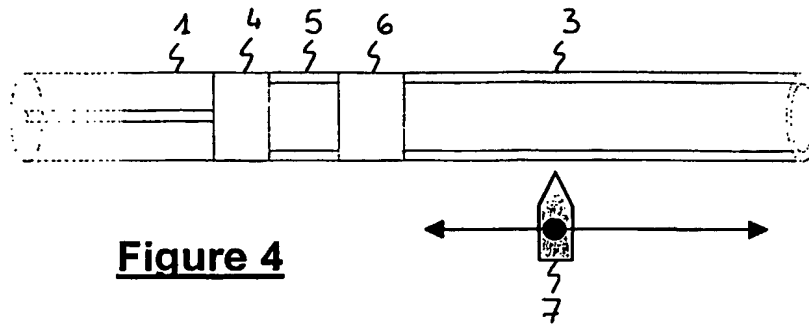


**Figure 3b**

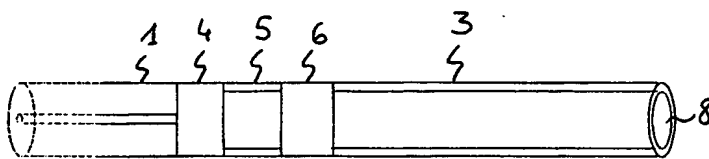


**Figure 3c**

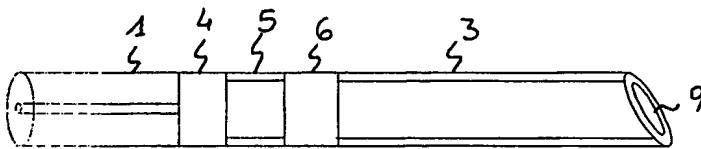
2/2



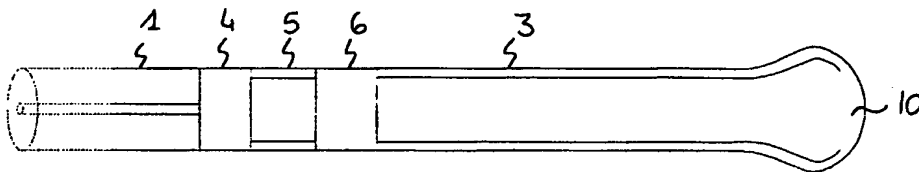
**Figure 4**



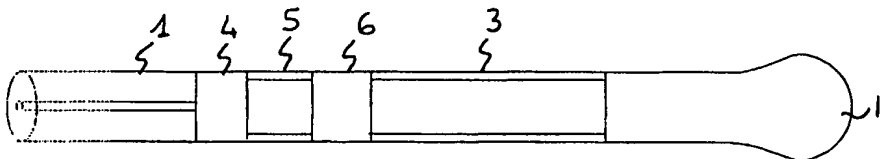
**Figure 5a**



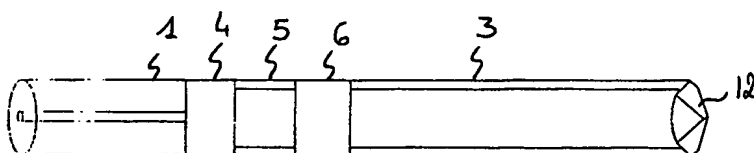
**Figure 5b**



**Figure 5c**



**Figure 5d**



**Figure 5e**